

MnGa を用いた横型スピバルブデバイスにおけるスピバルブ効果

Large spin-valve effect in a lateral spin-valve device with MnGa electrodes

東工大¹, 東大工² [○]長南 光貴¹, ゲイン フン ユイ カン¹, 田中 雅明², ファム ナム ハイ^{1,2}

Tokyo Tech.¹, Univ. Tokyo², [○]Koki Chonan¹, Nguyen Huynh Duy Khang¹, Masaaki Tanaka², Pham Nam Hai^{1,2}

E-mail: chonan.k.aa@m.titech.ac.jp

スピン MOSFET は、出力電流がゲート電圧だけでなくソース/ドレイン強磁性電極の磁化方向にも依存するため、高密度高速不揮発性メモリや再構成可能な論理回路への応用が期待されている。スピン MOSFET の実現には半導体チャネルへのスピン注入と半導体チャネルでのスピン輸送の高効率化が必須である一方で、スピバルブデバイスにおける MR 比は Si ナノスケールチャネルで 3% 程度しか得られていない[1]。強磁性半導体 GaMnAs/GaAs チャネルではバイアス電圧が 100 mV 以下において MR 比が 10% を超えると報告されているが、スピン依存出力電圧が小さいこと、GaMnAs のキュリー温度が低いことから実用化は難しい[2]。本研究では MR 比だけでなくスピン依存出力電圧についても向上を図り、垂直磁気異方性を持つ MnGa をソース/ドレインに用いて GaAs チャネルスピバルブデバイスを作製し、そのスピン依存伝導特性を評価した。

今回作製した横型スピバルブデバイスの構造を図 1(a) に示す。分子線エピタキシー法を用いて GaAs(001) 基板の上に 20 nm GaAs:Se (電子濃度 $\sim 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) / 10 nm $\text{Mn}_{0.6}\text{Ga}_{0.4}$ を成長し、電子線リソグラフィと Ar イオンミリングによりソース/ドレインを形成した。この構造において、図 1(b) に示すように 12% 程度の大きな MR 比が観測され、さらに図 1(c) に示すようにバイアス電圧が 1 V のときに 33 mV のスピン依存出力電圧が得られた。これらは横型スピバルブデバイスにおいて現在まで報告された中で最高値であり、チャネル長を数十ナノメートルとすることによってさらなる向上が見込まれる。 ΔR のバイアス電圧依存性と MR の磁場角度依存性の結果から、観測された MR は、MnGa 強磁性電極における異方性磁気抵抗効果または MnGa ショットキー障壁におけるトンネル異方性磁気抵抗効果に由来するものではなく、スピバルブ効果によるものであると考えられる。

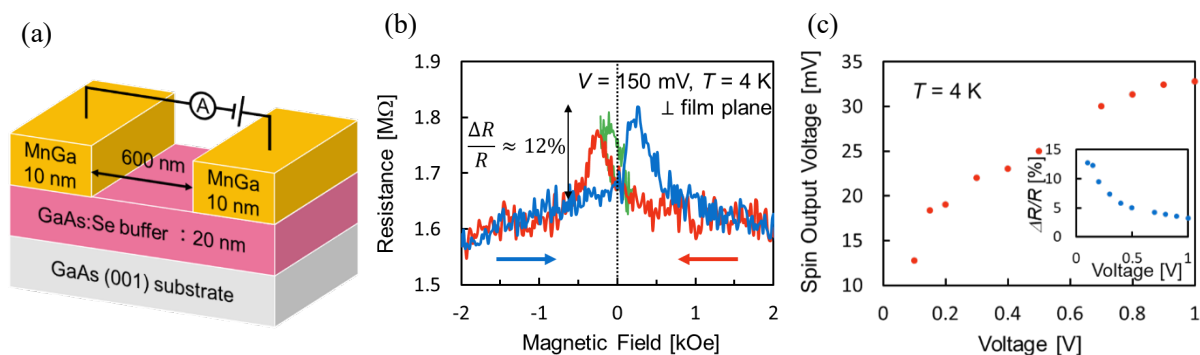


Fig. 1. (a) Schematic structure of the MnGa-based lateral spin-valve device. (b) MR characteristics measured at 4 K with a bias voltage of 150 mV while applying a magnetic field perpendicular to the film plane. The green line is a minor loop. (c) Bias voltage dependence of the spin dependent output voltage $(\Delta R/R)V$ at 4 K. The inset shows the bias voltage dependence of the MR ratio.

[1] D. D. Hiep, M. Tanaka, and P. N. Hai, *J. Appl. Phys.* **122**, 223904 (2017).

[2] H. Asahara, T. Kanaki, S. Ohya, and M. Tanaka, *Appl. Phys. Exp.* **11**, 033003 (2018).